

短距離走の競技レベルと随伴陰性変動

平 工 志 穂

(Received December 19, 2013)

Starting performance ability and CNV

Shiho Hiraku

Abstract

CNV (Contingent Negative Variation) and reaction time were examined among 6 elite sprinters, 6 sprinters, and 6 novices by using a typical S1-S2 reaction time paradigm with a 3 second ISI. CNV was recorded at 12 sites on the scalp.

The reaction times of elite sprinters were significantly shorter than those of the sprinters and novices. CNV grand average waveforms were compared between the groups. The negative potentials of CNVs of elite sprinters, in particular, increased toward the imperative stimulus. The amplitude of elite sprinters' late CNV components was higher than that of the sprinters and novices at the site of Cz.

These results suggested that the preparation of elite sprinters, such as prediction and motor preparation, to the imperative stimulus was higher.

緒 言

競技レベルの高い選手は低い選手に比べ、その競技特性に適した競技能力を身につけていると考えられる。陸上競技の短距離走ではスタートの善し悪しが全体のタイムに大きな影響を与えるが、競技レベルが高い選手はスタートも比較的速いことが明らかになっている (Westerlund, 1931)。

陸上競技の短距離走のスタートは予告刺激と反応刺激（いわゆる“ヨーイ”と“ドン”）が呈示され、反応刺激に対してスタート反応を求める予告反応パラダイムの課題といえる。短距離走のスタートに重要となる心理的要因については、競技経験において得られた主観的知見が指導、判断に大きな影響を与えてきた。佐々木(1977)はスタート反応にはスタート時の適度な興奮状態での集中が重要であることを指摘している。そして反応刺激に注意し、合図があればいずれの瞬間でも間髪を入れず必要な筋肉を収縮させるといった集中の仕方がスタートの際の動作の反射的な始動を可能にし、好ましいスタートにつながることを述べている。つまりスタートに際し適度な覚醒・注意水準を保ち、反応刺激に対する適切な予測のもとに運動準備を行うことが重要であると思われる。

短距離走に影響する心理的要因について、競技特性や競技レベルの相違という観点から検討した研究としては、内田クレペリン検査の曲線系を判断に用いた研究（小林ら、1973）、心理的競技能力診断検査(DIPCA.2)によって心理的競技能力を検討した研究（徳永ら、2000; 高橋ら、1999）などがみられる。しかし短距離走のスタートについて、重要な心理的要因であると考えられる予告刺激から反応刺激までの間における覚醒水準、予

測, 運動準備などについて, 競技レベルの相違という観点から検討した研究は大変少ない. この点が明らかになれば, スタートにおいて重要なポイントとなる心理的要因がより鮮明となり, 選手の指導や現状の競技能力についての評価・判断の一助となることが期待できる.

予告刺激から反応刺激の間の心理的要因を検討する指標として随伴陰性変動(Contingent Negative Variation; CNV)が知られる. CNVは脳の事象関連電位の一種で, 予告反応時間課題実施時の脳波を加算平均すると観察される刺激間の緩徐な陰性電位のことである. Walterら(1964)によって発見されて以来, 注意, 覚醒水準, 予測, 運動準備などの要因を反映することが明らかにされてきた(前田, 2011). また, CNVは被験者特性を検討するための指標としても用いられてきた. それらの多くは精神科領域, 運動異常症に関係するものであった.

平工ら(1996)はスポーツ選手の予告反応時の心理特性を検討するため, CNVを指標に用いての検討を試みた. そこでは予告反応スタートを競技特性として有するものの, 競技においてその重要度が異なる短距離走および長距離走, また予告反応スタートを競技特性として持たない投擲の各選手のCNVを測定し, CNV反応様式の違いを検討した. しかし, 短距離走の競技レベルの影響についての検討は行われていない.

そこで本研究では, 短距離走の競技レベルから予告反応時間課題実施時のCNV反応様式を比較し, 陸上競技の短距離走のスタート時にポイントとなる心理的要因について, 競技能力の相違という観点から検討を行う. 予告反応スタートを競技特性とするスポーツを専門的に行った経験の無い大学生, 短距離走の競技経験者であるが競技能力が異なると思われるSprinter, Elite sprinterを対象に, 反応時間とCNVを指標に用いて検討を行う.

方 法

1) 被験者

陸上競技短距離走の競技レベルによって以下の3群を設定し, 該当する者を被験者とした.

Control群: 陸上競技競走種目, 競泳など, 予告反応パラダイムのスタート課題を競技特性とするスポーツを特に行った経験の無い大学生

Sprinter群: 100 m, 110 mハードル等を専門とし, 地方大会出場(入賞経験なし)の実績を持つ選手

Elite sprinter群: 100 mあるいは110 mハードルを専門とする選手で, インカレ, 国体等の全国レベルの大会に出場の実績を持つ選手

各群の被験者数はいずれも男子6名, 年齢は18~22歳であった. 競技歴はSprinter群は 7.5 ± 2 年, Elite sprinter群は 8 ± 2.5 年であった. Elite sprinter群の被験者はインカレ上位校の陸上競技部の短距離チームに所属している選手であった.

2) 課題

予告刺激(S1)と反応刺激(S2)からなる予告反応時間課題を用いた. 予告刺激としてス

ピーカーより純音 800 Hz, 90 dB, 持続時間 50 msec. の音刺激を, 反応刺激として被験者の前方 1.5 m のところにある CRT に直径 5 cm の円形図形を呈示した. 被験者には反応刺激に対し, 非利き手親指ですばやくボタン押し反応を行うよう教示が与えられた. 反応刺激呈示からボタン押し反応が記録されるまでの時間を反応時間とした. 予告刺激から反応刺激までの刺激間隔は 3 秒とした.

3) 手続き

被験者は実験手順と課題内容の説明を受けた後, 電極を装着され, 椅座位で 1 セット 24 試行 (試行間隔 20~30 秒) の予告反応時間課題を 20 分の休憩をはさんで 3 セット行った.

4) 記録方法

図 1 に本研究の実験システムを示す. 脳波は多用途脳波計 (EEG-4418: 日本光電) を用い, Ag/AgCl 電極を国際式 10-20 法に従って, Fz, F3, F4, Cz, C3, C4, Pz, P3, P4, Oz, T3, T4 の頭皮上 12 部位に装着し, 基準電極を左右の両耳朶を連結した単極導出とし, 時定数を 5 秒として求めた. また, 脳波への EOG のアーチファクト混入状態を知るため, 左眼窩上下縁部より眼球運動を測定した. また, 非利き手母指によるボタン押し反応を記録するため, 短母指内転筋の筋電図の記録を行った.

5) 分析方法

導出した脳波は, CNV の加算平均波形を得るためにサンプリング間隔 5 msec., 1024 ポイントで A/D 変換した後, アーチファクトの混入した試行や基線の安定していない試行を除き, 各被験者について 40 ± 5 回ずつ加算を行った. CNV の基線は予告刺激呈示直前 500 msec., 100 ポイントの平均電位とした. この場合, EOG や高振幅の α 波の混入等のアーチファクト要因の除去に留意した. 各被験者のデータを競技レベル群別に加算平均

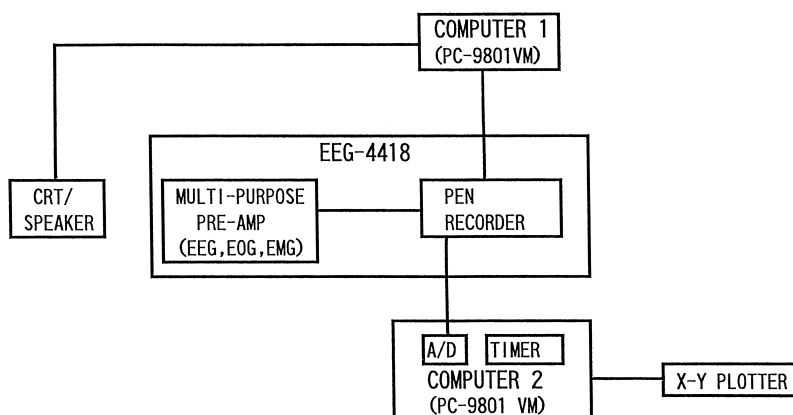


Fig. 1. Experimental system

し、Control群、Sprinter群、Elite sprinter群のCNV波形を得た。更にControl群、Sprinter群、Elite sprinter群のCNV早期成分（予告刺激呈示後400～1000 msec.）、CNV後期成分（同2000～2950 msec.）の平均電位を各部位ごとに求めた。反応時間は検討可能なCNV波形が得られた試行について、群ごとに平均値を求めた。

結 果

1) 反応時間

Control群、Sprinter群、Elite sprinter群の予告反応時間課題における反応時間を図2に示す。各群の反応時間はControl群 286.55 ± 45.65 msec., Sprinter群 246.08 ± 32.15 msec., Elite sprinter群 200.79 ± 21.03 msec.であった。反応時間について1要因分散分析を行った結果、群間に1%水準で有意差が見られた($F_{(2,15)} = 13.12$)。更に下位検定（シェフィ法）を行った結果、Elite sprinter群はControl群($p < .05$)、Sprinter群($p < .05$)に比べ反応時間が短く、Sprinter群はControl群に比べ($p < .05$)、反応時間が短いことが明らかになった。

2) CNV波形

Control群、Sprinter群、Elite sprinter群のCNV加算平均波形を図3に示す。Elite sprinter群ではほかの2群に比べ、S1からS2にかけて大きな陰性電位が観察される。中心部ではS2直前に電位の急峻な増加がみられる。Control群とSprinter群は波形に顕著な相違はみられなかった。

3) CNV成分

各群のCNV早期成分の平均電位を図4に示す。T4部を除いてElite sprinter群の電位が比較的大きい傾向が観察される。部位ごとに早期成分の1要因分散分析を行った結果、いずれの部位でも有意な差はみられなかった。

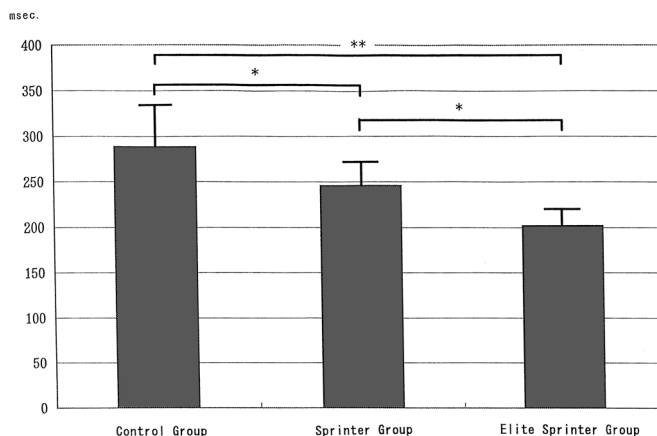


Fig. 2. Reaction times of control group, sprinter group and elite sprinter group in a foreperiod reaction paradigm

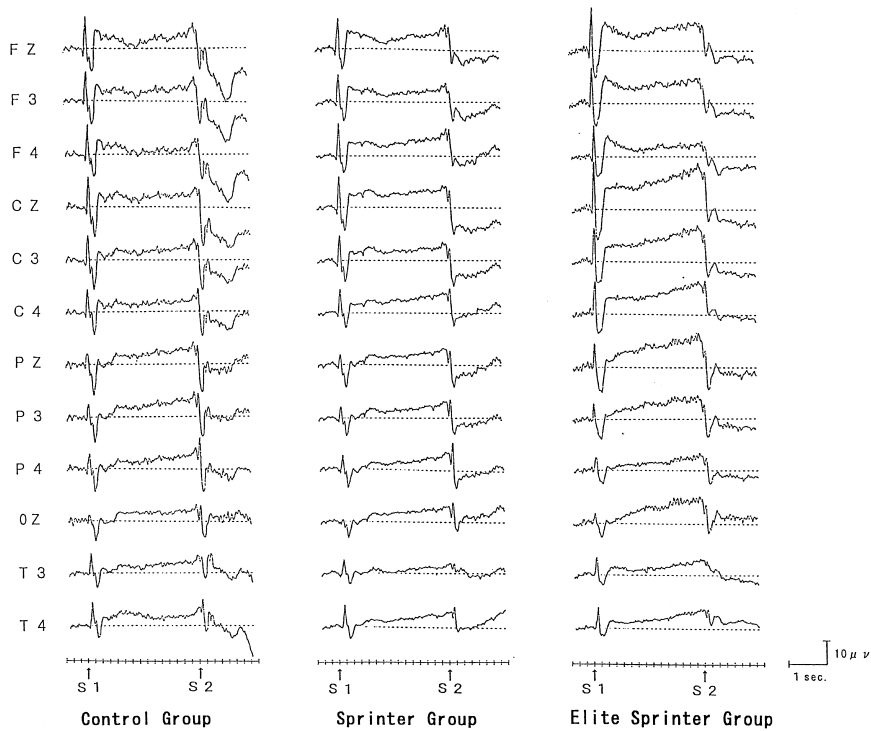


Fig. 3. CNV grand average waveforms at 12 electrode sites of each group

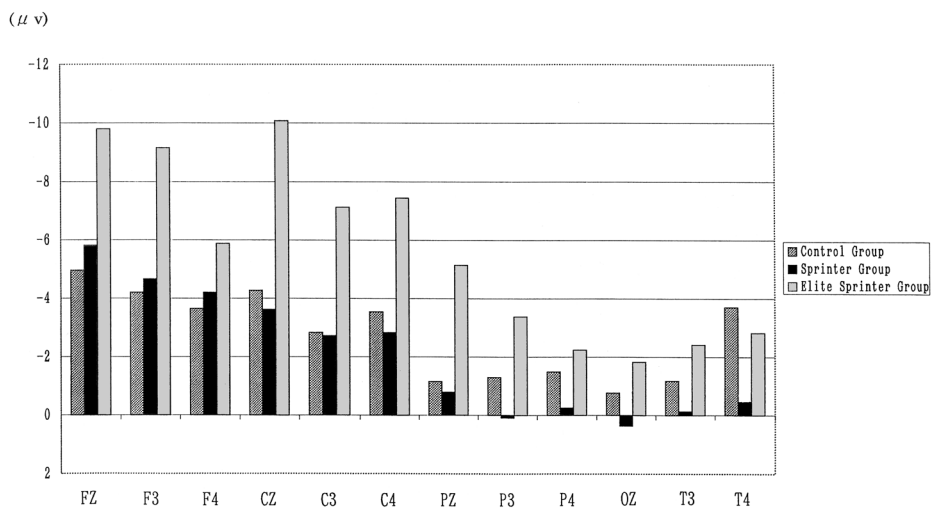


Fig. 4. Mean CNV amplitudes (μV) of the early component of each group

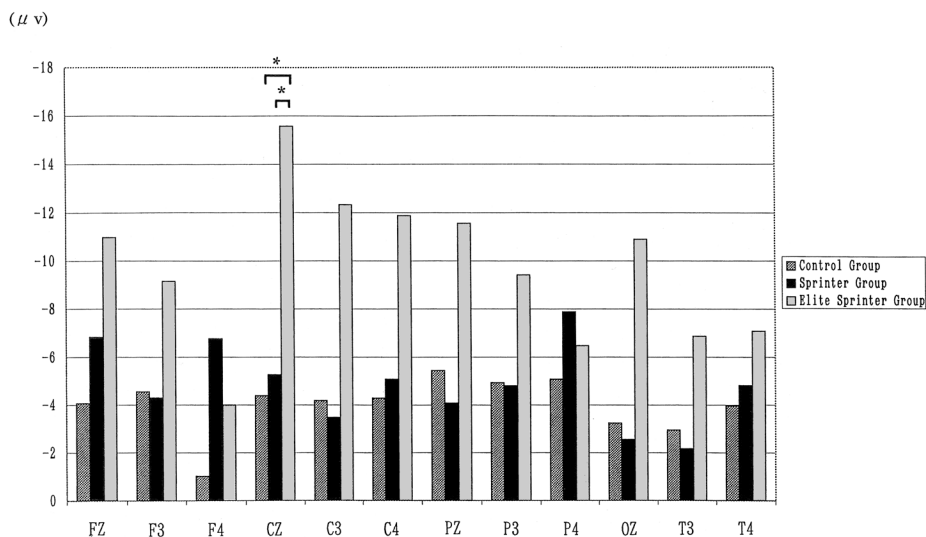


Fig. 5. Mean CNV amplitudes (μv) of the late component of each group

各群のCNV後期成分の平均電位を図5に示す．部位によってやや傾向は異なっているが，中心部ではElite sprinter群の電位が他群に比べて大きい傾向が観察される．後期成分について部位ごとに1要因分散分析を行った結果，F3, Cz, C3, C4, Pz, Oz部で群間に5%水準で有意差が見られた(F3: $F_{(2,15)}=6.77$ Cz: $F_{(2,15)}=28.39$ C3: $F_{(2,15)}=8.66$ C4: $F_{(2,15)}=12.13$ Pz: $F_{(2,15)}=4.47$ Oz: $F_{(2,15)}=8.81$)．更に下位検定（シェフィ法）を行った結果，Cz部でElite sprinter群はSprinter群，Control群よりも電位水準が高いことが示された（いずれも $p<.05$ ）．

考 察

Control群，Sprinter群，Elite sprinter群の予告反応における反応時間を検討した結果，Elite sprinter群，Sprinter群，Control群の順に反応時間が短い結果となった．反応の俊敏性が特に必要とされるスポーツに熟達している者は，その競技特性に類似した反応時間課題において高い成績をおさめることが知られている（横川ら，1977）．短距離走の競技レベルと反応時間の関係を検討した研究では，高校あるいは大学チャンピオンの実績を持つ選手とこうした実績を持たない大学生の選手では前者の反応時間のほうが短いことや，75ヤード走のタイムと反応時間には高い相関(.863)があることが明らかになっている（Wresterlund, 1931）．また，奥山ら(1999)は短距離走の熟練者は未熟練者に比べてクラウチングスタートの反応時間が有意に短いことを報告している．本研究の結果もこれらの傾向を支持するものであった．パフォーマンスは競技能力を検討する際の主要な指標であり，Elite sprinter群，Sprinter群，Control群の3群にみられた反応時間の相違は，予告反応パラダイムのスタートにおける競技能力の違いが反映したものと思われる．

CNV波形はElite sprinter群が他の2群に比べ，全体的に高い電位水準を示す傾向が観察

された。また、Elite sprinter群ではCz部を中心に、反応刺激直前に電位が漸増する傾向がみられた。更に、CNV後期成分の平均電位はCz部では他群に比べて有意に大きく、中心部の他の部位においても有意な差はみられなかったものの同様の傾向が示唆された。CNV後期成分は反応刺激に対する予測的注意（Bruniaら，2001）とともに、運動に関連した電位（Bruniaら，2001; 山本ら，1986; Rohrbaughら，1976）を含んでいると考えられている。Cz部は運動野付近の電気活動を主に反映していることから、この部位の電気現象には運動関連脳電位(MRCP)が重畳していると思われる。短距離走におけるスタートでは、号砲（反応刺激）を待つというよりも、号砲があれば直ちに後膝を引き付けようという集中のしかたが反射的始動を可能にする（佐々木，1977）。運動関連脳電位については、急速な動作を行う際には電位が増大する（Beckerら，1976）、目的性の高い課題では反応直前にランプ状に電位が増加する（正木ら，1994）などの特徴が報告されている。従ってElite sprinter群にみられた反応刺激直前にかけての陰性電位の増加は、反応刺激の合図に向けて運動準備に集中するという、短距離走に特徴的な集中の仕方を反映していると考えることができる。短距離走のスタートにおいては、反応刺激に対する適切な予測および運動準備が予告反応パラダイムのスタートの競技能力を反映する重要なポイントであることが推測される。

CNVは高次脳機能を反映することから精神科疾患についての研究が盛んであった。これらの研究を概観すると統合失調症，うつ病期，不安神経症，発達障害などではCNVの陰性変動は低下し，躁病期，強迫神経症などでは増大することが知られている（松橋ら，2010）。また，発達および老化に伴うCNVの変化についての研究も行われており，高齢者のCNV振幅は一般的には若年成人に比べて低いことが明らかになっている（前田，2011）。これらの研究は，CNVが比較的長期間にわたって維持される被験者特性を反映する側面があることを示していると考えることができる。スポーツの分野でこうした特性をCNVによって検討した研究は非常に少ない。平工ら（1996）は，陸上競技の短距離選手，長距離選手，投擲選手のCNV波形を比較し，短距離選手のCNVに比較的大きな陰性電位が観察されることを示した。奥山ら（1999）は短距離走のスタートのイメージ課題等を用いて，競技レベルが異なる被験者間のCNVを比較した。これらの研究では，いずれもCNVの陰性電位に有意な差は検出されなかった。本研究ではCz部の後期成分についてののみ有意な差が見られたが，今後より実際のスタート動作に近い設定で検討することが望ましいと思われる。また，被験者数を増やしたり，競技レベル群の群間差をより大きく設定すれば，予告反応パラダイムのスタートに関係する競技能力の相違がより鮮明にCNVに反映するのかもしれない。

文 献

- Becker W., Iwase K., Jurgens R., Kornhuber H. H. (1976) Bereitschafts-potential preceding voluntary slow and rapid hand movement. In McCallum W.C., Knott J.R. (eds), *The responsive brain*. Bristol: J. Wright and Sons, pp. 99-102.
- Brunia C. H., van Boxtel G. J. (2001) Wait and see. *Int. J. Psychophysiol.*, 43, 59-75.
- Gaillard A. W. K. (1976) Effects of warning-signal modality on the contingent negative variation (CNV). *Biol. Psychol.*, 4, 139-154.

- 平工志穂, 佐久間春夫 (1996) 陸上競技選手の CNV 反応様式の諸特徴, 人間文化研究科年報, 11, 11-18.
- 小林晃夫, 渡部岑生 (1973) 陸上競技における優秀選手の精神特徴について, 専修大学体育研究紀要, 2, 27-52.
- 正木宏明, 高澤則美, 山崎勝男 (1994) 準備電位に及ぼす運動目的性の効果, 生理心理, 12(2), 83-93.
- 前田 薫 (2011) 随伴陰性変動, Health and Behavior Sciences, 9(2), 77-83.
- 松橋眞生, 文室知之, 池田昭夫 (2010) 運動関連脳電位 (MRCP), 随伴陰性変動 (CNV) 応用, 臨床神経生理学, 38(3), 154-162.
- 奥山恭子, 佐久間春夫 (1999) 短距離走におけるスタート時の精神生理学的分析: CNV を指標にして, 奈良女子大学スポーツ科学研究, 1, 92-102.
- Rohrbaugh J. W., Sydulko K., Lindsley D. B. (1976) Brain wave components of the contingent negative variation in humans. Science, 191, 1055-1057.
- 佐々木吉蔵 (1977) 短距離走における集中力, 体育の科学, 27(9), 633-636.
- 高橋正則, 青山清英, 澤村 博, 吉本俊明, 藤田 厚, 菅生貴之, 下河内洋平 (1999) 陸上競技選手における心理的競技能力とその変化, 陸上競技研究, 39(4), 2-11.
- 徳永幹雄, 吉田栄治, 重枝武司, 東 健二, 稲富 勉, 斉藤 孝 (2000) スポーツ選手の心理的競技能力にみられる性差, 競技レベル差, 種目差, 健康科学, 22, 109-120.
- Walter W. G., Cooper R., Aldridge V. J., McCallum W. C., Winter A. L. (1964) Contingent negative variation: An electric sign of sensori-motor association and expectancy in the human brain. Nature, 203, 380-384.
- Wresterlund J. H., Tuttle W. W. (1931) Relationship between running events in track and reaction time. Research Quarterly, 2(3), 95-100.
- 横川和幸, 松井匡治 (1977) 反応時間に関する研究 (I), スポーツ心理学研究, 4(1), 7-13.
- 山本卓二, 斉藤泰彦, 遠藤四郎 (1986) 空間的-時間的 Topography による CNV の研究, 脳波と筋電図, 14(2), 103-113.

キーワード

随伴陰性変動 (CNV), 反応時間, 短距離走, 競技レベル

概 要

短距離走の競技レベルから予告反応時間課題時の反応時間, 随伴陰性変動 (CNV) を比較し, 短距離走のスタート時にポイントとなる心理的要因について検討を試みた。

その結果, 全国レベルの大会に出場経験を持つ Elite sprinter は予告反応時間が有意に短いこと, 予告反応時間課題実施時の CNV の陰性変動が比較的大きく, 特に Cz 部における後期成分が有意に大きいことが明らかになった。

短距離走のスタートにおいては, 反応刺激に対する適切な予測および運動準備が重要なポイントであると推測される。